

ToronyMentő Dőlésgátló

Felső ToronyHáz

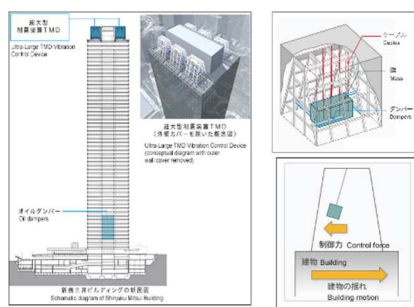
Horváth Boldizsár, Kenessei Zsombor, Róth Gergely

Felkészítő tanár: Lang Ágota

*Berzsenyi Dániel Evangélikus Gimnázium,
9401 Sopron, Széchenyi tér 11.*

1. Bevezetés

A múlt tanév végén akkori fizikatanárunk mutatott egy videót, amelyen a Taipei 101 – a világ 5. legmagasabb épülete a maga 509 méterével – visszaverte egy földrengés támadásait a benne található hatalmas inga segítségével. A film felkeltette az érdeklődésünket. Egyrészt utánanéztünk, hogy ez más magas épületekben is létezik-e; illetve, mivel mindannyian az iskola programozó szakkör tagjai vagyunk, úgy döntöttünk, hogy magasabb szintre lépünk és megpróbálkozunk egy mikrokontroller programozásával. Célunk egy modell megépítése volt, amelyben a TMD technikát alkalmazzuk, amelynek magyarul a ToronyMentő Dőlésgátló elnevezést adtuk.



1. ábra: Shinjuku Mitsui Building

A szerkezet, amelyet modellezni kívánunk, elsősorban magas épületeket óv meg az összeomlástól pl. erős szélben vagy földrengéskor, amikor a torony rezgésbe jön és kileng. Az eljárás angol neve Tuned Mass Damper, a magyar szakszó pedig tömeghangolt csillapítás.

Működésének elvét egy másik épületen, mégpedig a Tokióban emelkedő Shinjuku Mitsui Buildingen szemléltetjük. A második kép mutatja a torony tetején lengő tömeget, valamint a csillapítást, ami ebben az esetben a tömeg és a váz közötti összeköttetést jelenti. A harmadik képen a folyamat elvét láthatjuk leegyszerűsítve: a tömeg az épülettel ellentétes irányba mozogva

igyekszik visszatéríteni a tornyot a függőleges állásba. Úgy gondoltuk, hogy ezt a vezérlést lehetne szemléltetni egy egyszerű modellel.

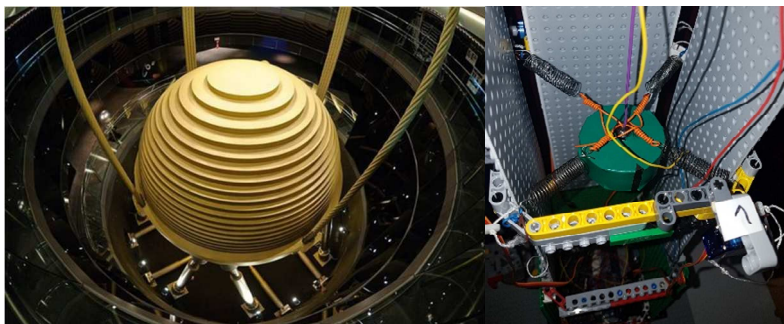
2. A mi kis tornyunk

2.1. Felépítése

Első lépésben a tornyot kellett megépítenünk. Első ötletünk ennek anyagára a Java építő volt, mert szerettük volna a belsejét is láthatóvá tenni. Azonban így nagyon instabil építményt kaptunk. Bár az is szempont volt, hogy majd lengésbe tudjon jönni, de ez túl hamar összedőlt volna. Így fordultunk a LEGO felé. A falakat LEGO-lemezek alkotják, így eleget tesz az előbbi feltételnek. Ezeket fogattuk össze Technics elemekkel, ahogy ez az első ábrán is látható.



2. ábra: Felső Toronyház



3. ábra: Taipei 101 és a mi ingánk

2.2. Az inga beszerelése

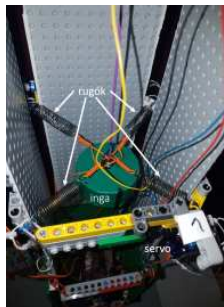
Természetesen az interneten utánanéztünk a Taipei 101-nek. Erről azt lehet tudni, hogy benne a csillapításról egy inga gondoskodik, amelynek a végén egy hatalmas, közel 6 méter átmérőjű gömb lóg. Az inga itt is magasan, a 92. és a 87. emelet közé felfüggesztve található. A maga 730 tonnájával ez a világ legnagyobb és legnehezebb ilyen csillapítószerkezete. A tehetetlenség

elvét kihasználó ingát 16 acélkábelrel rögzítették a helyére, alulról pedig olajjal töltött lengéscsillapító karok tartják.

Ebből kiindulva mi az ingaként választott közel fél kilogramm tömegű korongunkat – azon kívül, hogy egy drótra függesztettük – 4 rugóval feszítettük ki a torony négy sarkához. A rugókban van elvezetve az a négy vékony madzag, amelyeknek a másik vége 1-1 szervomotorhoz van erősítve. Ezek segítségével lehet az ingát lengésbe hozni.

2.3. Gyorsulásmérő szenzor

Szükségünk volt még egy olyan szenzorra, amelynek adatai alapján lehetséges maga a vezérlés. Erre a célra a gyorsulásmérőt választottuk, amely a torony tetején kapott helyet. Elhelyezkedése olyan, hogy tengelyei párhuzamosak a rugókkal. Ennek köszönhetően közvetlenül az a_x és az a_y komponensek előjeléből tudunk következtetni arra, hogy az inga merre mozdult ki.



4. ábra: Az inga

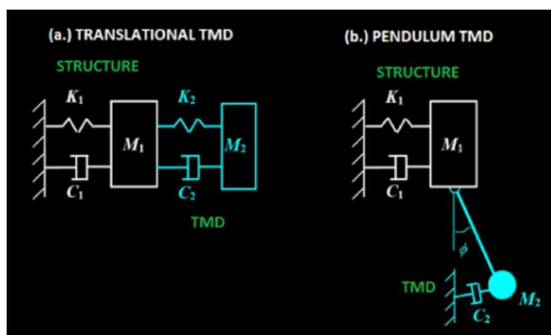
3. Az elektronika

Ahogy fentebb említettük, az ingát a szervomotorok segítségével mozgatjuk. Mikrokontrollerként Arduino Unot használunk, amelyet az Arduino IDE környezetben programozunk. A vezérléshez be kell vezetni a szenzor adatait az Arduinoba, illetve a megfelelő szervomotorokat kell működtetni. Ezek mindig párban mozoghatnak, a két szemközti egyszerre, az egyik húzza, a másik pedig engedi, vagyis nem tart ellent. Ez elég sok kábelt jelent, amelyeket igyekeztünk színkóddal ellátni.

4. Fizikai alapok

A TDM-technika feladata tehát az, hogy ha egy építmény valamilyen külső gerjesztő erő – ami származhat pl. földrengéstől vagy erős szélről – hatására rezgésbe jön, akkor annak amplitúdóját egy elfogadható értékre csökkentse.

A TMD maga is egy rezgő rendszer, így a megvalósításnak két fő formáját különböztetik meg: az úgynevezett transzlációs TMD, ami gyakorlatilag rugókkal rezget egy nagy tömeget, illetve a lengő TMD, vagyis egy inga, mint esetünkben is.



5. ábra: A kétféle TMD technika

Az ábra fehérrel jelöli az építményt, amit védeni akarunk, és ami maga is rezgésre képes; világoskékkel pedig a TMD rendszert. Ennek 3 fő része van: maga a tömeg, egy rezgést vagy lengést lehetővé tevő rugó illetve inga, illetve a C-vel jelölt csillapítás. Ez vezeti el a rezgési energiát. Megvalósítása valamilyen viszkozus folyadékot használó hidraulikával történik, mint a Taipei 101 esetében is.

5. Hol tartunk?

Az épület ingával és a szoftver elkészült. Azonban rá kellett döbbernünk, hogy a teszteléshez szükség van még valamire, ami a tornyunkat rezgésbe hozza. Erre egy, a torony alapterületénél nagyobb keretet használtunk, és rugókkal kikötve hozzá a tornyot, a keretet mi ráztuk. Azt tapasztaltuk, hogy a programunk nem bír el ezzel a „földrengéssel”. Ezért a közeljövőben feljebb költöztetjük a külső gerjesztő rezgést, reményeink szerint így már az inga lengései valóban csillapítják a toronyt.